

## MORFOFUNCIONALIDAD EN LARVAS DE LEPIDOPTEROS *FUNCTIONAL MORPHOLOGY OF LEPIDOPTERAN LARVAE*

Andrés O. Angulo y Carmen Jana-Sáenz\*

### RESUMEN

En larvas de Pieridae, a través de sus estados larvales, se detalla el desarrollo ontogenético de la correspondencia morfofuncional: ESPINERETE-CLINOTAXIA, y su relación con el comportamiento alimentario y pupal. Se describe el valor adaptativo funcional que tiene la textura dérmica larval, en el ambiente hipógeo y epigeo en algunas especies de las familias: Amatidae, Arctiidae, Noctuidae, Saturniidae y Pieridae. En las familias: Pyralidae, Psychidae, Amatidae, Arctiidae, Noctuidae, Lymantriidae, Lasiocampidae, Bombycidae y Saturniidae, se describe la trama del tejido del capullo protector de la pupa y su significación evolutiva; se comprueba que la densidad de la trama así como la existencia de 1 ó 2 capas de tejido en el capullo, son un factor indicador de la relación organismo-hábitat. Se establece la relación mandíbula-cerdas epifaringeales, como mecanismo morfofuncional alimentario en larvas de lepidópteros; se destaca su valor adaptativo.

### ABSTRACT

Ontogenetic development of morpho-functional correspondence spinneret-clinotaxy, in pierid larvae and his relationships with the feeding behaviour and pupal, are detailed. The functional and adaptative value of larval skin texture, in epigeous and hypogeous environment in some species of the families Amatidae, Arctiidae, Noctuidae, Lymantriidae, Lasiocampidae and saturniidae and the protective twisted silk of pupae and his evolutive meaning are described; the density of twisted silk, also the existence of one or two of spinning in the cocoon are indicator factors of the relationships organism-habitat is proved. The relationship of mandible-epipharyngeal bristles, as a morpho-functional mechanism of feeding in lepidopterous larvae are established and his adaptative value is remark.

KEY WORDS: Lepidoptera, Larvae, Morphology, Functionality, Clinotaxis, Wefting cocoon.

### INTRODUCCION

En el manejo de plagas se ha utilizado una serie de medidas apoyadas por el conocimiento general de varios aspectos: uso de insecticidas, control biológico por otros animales parásitos, como también depredadores mayores y además, el uso de técnicas de radiación, como la del macho estéril, etc., todo este conocimiento es aún más útil cuando se considera además otra serie de parámetros, en un intento por acercarse al complejo que representa el ecosistema que sustentan dichos animales. Entre ellos se debe considerar la forma del animal, que lo capacita para desempeñarse en el hábitat en que se desenvuelve; toda esta activi-

dad desarrollada representa un carácter interesante: la función.

Ambos aspectos biológicos: forma y función, determinan la eficiencia adaptativa del organismo, lo cual unido a condiciones ocasionales bióticas y abióticas, transforman a estas poblaciones (hipertrofiadas, en presencia de abundancia de alimento) en plagas, las cuales compiten con el hombre, por la obtención del alimento.

De tal manera que se hace cada vez más imperiosa la necesidad de conocer a las plagas desde un punto de vista, tal vez nuevo, que relacione los dos aspectos: Primero, servir de apoyo a la sistemática, lo cual eventualmente está relacionado con los planes de los parámetros de comportamiento, y el segundo, el de apuntar hacia la caracterización de cada gru-

\*Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Biológicas y de Recursos Naturales, Universidad de Concepción, Casilla 2407, Concepción-Chile.

po de organismos, en términos de eficiencia, de tal manera que permita explicar por qué una plaga es exitosa en un momento dado y en otro no.

Para el desarrollo de este último objetivo, debe encararse la evaluación de los caracteres morfológicos que desempeñan parte importante en la función que se esté analizando; además de dicha evaluación fría, es necesario detectar aquellas características primarias y definitorias en el producto morfofuncional.

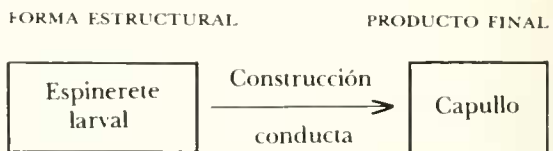
En los estados inmaduros de los lepidópteros nóctuidos, desde un punto de vista de la plasticidad adaptativa, destaca en forma notable el estado larval. Dichos estados han radiado adaptativamente hacia diferentes hábitats, mediante estructuras nuevas agregadas a sus estados eruciformes primarios y típicos, a veces sólo se agregan modificaciones a estructuras ya presentes; unido a este fenómeno aparecen gradualmente nuevos patrones de comportamiento, que se expresan como nuevas aptitudes para colonizar ambientes, antes no ocupados por estos organismos.

La manera como se utilizan estos nuevos caracteres, es de un gran valor, como punto de partida para un estudio de esta envergadura, en el cual se mezcla la observación, la experimentación, análisis morfológico y relación teórica probable de algunos aspectos morfofuncionales biológicos.

Este nuevo tipo de estudios, debe enfrentarse sobre la base de duplas morfofunciona-

les, es decir, dos aspectos ligados: la forma estructural y el producto final, ambos relacionados por la función. Dicho producto final puede asumir expresiones comportamentales, en que se confunde con la función, como también de estructuras o trabajo final como producto.

En el presente diagrama, relativo a la construcción del capullo por la pupa farata, se ilustra a modo de ejemplo la dupla morfofuncional:



En el presente estudio se analizan cuatro aspectos morfofuncionales con sus correspondientes duplas de las larvas de los lepidópteros.

- 1. Clinotaxia onto-: PROGRESION-SEDA genética
- 2. Trama del capullo: ESPINERETE-CAPULLO
- 3. Cubierta corporal: EPIDERMIS-PROGRESION
- 4. Aspecto alimen-: CERDAS EPIEPARIN- tario GEALES-MANDIBULAS

Las familias representadas en cada aspecto morfofuncional analizado son:

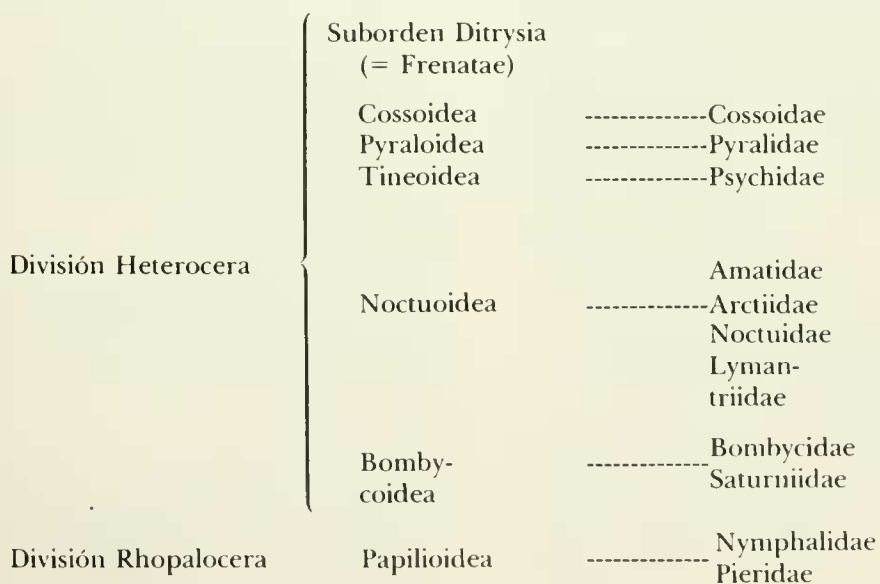
Familia	Capullo	Cubierta larval	Mandíbulas Cerd. epif.	Clinotaxia
Cossidae			+	
Pyralidae	+			
Psychidae	+			
Amatidae	+	+		
Arctiidae	+	+		
Noctuidae	+	+	+	
Lymantriidae	+			
Lasiocampidae	+			
Bombycidae	+		+	
Saturniidae	+	+	+	
Pieridae	+	+	+	+
Nymphalidae			+	

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó estados larvales y capullos pupales de las siguientes especies:

Especies	Familia
1. <i>Chilecomadia moorei</i> (Silva)	Cossidae
2. <i>Margaronia quadristigmalis</i> Guenée	Pyralidae
3. <i>Anagasta kuenhiella</i> (Zeller)	Pyralidae
4. <i>Tanatopsyche canescens</i> Butler	Psychidae
5. <i>Ctenucha vittigera</i> (Blanchard)	Amatidae
6. <i>Maenas rudis</i> (Butler)	Arctiidae
7. <i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel)	Noctuidae
8. <i>Feltia malefida</i> (Guenée)	Noctuidae
9. <i>Agrotis lutescens</i> (Blanchard)	Noctuidae
10. <i>Peridroma saucia</i> (Hübner)	Noctuidae
11. <i>Copitarsia consueta</i> (Walker)	Noctuidae
12. <i>Faronta albilinea</i> (Hübner)	Noctuidae
13. <i>Zale lunata</i> (Drury)	Noctuidae
14. <i>Rachiplusia nu</i> (Guenée)	Noctuidae
15. <i>Syngrapha gammoides</i> (Blanchard)	Noctuidae
16. <i>Phytometra bonaerensis</i> (Berg)	Noctuidae
17. <i>Notolophus antigua</i> (L.)	Lymantriidae
18. <i>Macromphalia ancilla</i> (Philippi)	Lasiocampidae
19. <i>Bombyx mori</i> L.	Bombycidae
20. <i>Catocephala marginata</i> (Philippi)	Saturniidae
21. <i>Polythysana cinerascens</i> (Philippi)	Saturniidae
22. <i>Ormiscodes cinnamomea</i> (Philippi)	Saturniidae
23. <i>Tatochila blanchardii blanchardii</i> (Butler)	Pieridae
24. <i>Pieris brassicae</i> L.	Pieridae
25. <i>Cynthia carye</i> (Hübner)	Nymphalidae

La sistemática considerada y usada es la siguiente:



**CLINOIAXIA Y PROGRESIÓN.** Se usó larvas de *P. brassicae* L. en distintos estados de desarrollo; se hizo progresar a la larva sobre un portaobjetos, en los cuales dejaron las huellas de la seda en trazos normales; posteriormente al rotular, se realizó la fijación de la preparación por medio de laca atomizada. La luz incidente se mantuvo siempre en el mismo sitio durante la obtención de las preparaciones.

**CUBIERTA CORPORAL.** Mediante observación directa de la cubierta corporal de las larvas, a diferentes aumentos, según fuese necesario. Además se utilizó el Autoscanning ETEC de la Universidad de Concepción (Laboratorio de Microscopía Electrónica); el método de preparación utilizado fue el siguiente: se secó la muestra (trozo de piel) en un horno a 40° C, posteriormente se usó metalización de Au (en atmósfera de Ar) por 3 minutos, con una corriente de 20 mA, en un Sputter Coater (Edwards); la inclinación de la muestra fue de 45°.

**CAPULLOS.** En cada especie se obtuvo un trozo de capullo, con 1 ó 2 capas constituyentes, según fuera el caso; éstas se colocaron extendidas en el portaobjetos y selladas con cinta adhesiva; toda esta preparación se realizó en seco. Las fotografías fueron obtenidas por proyección de dichas preparaciones directamente sobre el papel fotográfico sensible, a continuación se dibujaron áreas representativas de la trama, además se realizaron preparaciones microscópicas de los espinetes larvales de las especies cuyo capullo se analizó.

**MANDÍBULAS Y CERDAS EPIFARINGEALES.** En cada especie se extrajo la mandíbula derecha y el labrum; éste fue observado en vista ventral, en donde se localizan las cerdas epifaringeales (Figs. 54 a 71).

## RESULTADOS

### A. Descripción y análisis de los senderos intraespecíficos

*Pieris brassicae* L.

I y II Estadio: (Figs. 1 y 2) presenta ondas muy estrechas y generalmente entrecruzadas.

III Estadio: (Fig. 3). Las ondas son un poco más amplias y la mayoría no se separan más que por un espacio de 1/3 del ancho del arco descrito.

IV Estadio: (Figs. 6-7 y 8). Las ondas están separadas por ca. la 1/2 del ancho del arco descrito.

V Estadio: (Fig. 4). Las ondas están separadas por más de la 1/2 del ancho del arco descrito.

VI Estadio: (Figs. 9 y 10). Las ondas están separadas por ca. el mismo ancho del arco descrito y a veces por un espacio mayor.

*Tatochila blanchardii blanchardii* (Butler)

V Estadio: (Fig. 5). Las ondas son amplias y no se separan prácticamente nunca ya que la mayor parte de las veces se superponen.

### B. Capullos, Tramas y Capas Constitutivas

El capullo que construye la pupa farata con el hilo sedoso, que sale por el ápice del espinete, puede estar constituido por una o dos capas, siendo por lo regular —en este último caso— la capa externa más gruesa o más densa que la interna.

El hilo puede tener las siguientes características:

- i) Sección transversal circular u oval alargada (acintada).
- ii) Ser recto o bien sinuoso.  
La trama puede llevar diversos componentes extraños al hilo sedoso, por ejemplo:
  - i) Grupo de escamas piliformes (ordenadas o desordenadas).
  - ii) Restos foliares o corticales vegetales.
  - iii) Gotas de cera o sustancia ceroide.

*Maenas rudis* (Butler)

Presenta una capa de hilos rectos, de sección transversal circular (0.008 mm Ø); con disposición reticulada más o menos densa, sin describir arcos; con abundantes escamas piliformes dispuestas desordenadamente; lleva gran cantidad de cera.

*Rachiplusia nu* (Guenée) (Figs. 11 y 21)

Presenta dos capas de hilos rectos, de sección transversal circular (0.03 mm Ø); la capa externa es el doble más densa que la interna; los hilos describen arcos y óvalos.

*Syngrapha gammoides* (Blanchard) (Fig. 18)

Con dos capas de hilos sinuosos, de sección transversal circular (0.015 mm  $\emptyset$ ); la capa externa es el doble más densa que la interna, además lleva restos foliares, los hilos describen arcos, círculos y óvalos.

*Phytometra bonaerensis* (Berg) (Fig. 20)

Con dos capas de hilos rectos de sección transversal circular (0.008 mm  $\emptyset$ ); la capa externa un poco más densa que la interna, además lleva restos foliares; los hilos describen arcos, círculos y óvalos.

*Notolophus antiqua* (L.) (Figs. 12 y 24)

Con dos capas de hilos rectos de sección transversal circular (0.004 mm  $\emptyset$ ); la capa externa es el doble o más densa y oscura que la interna; los hilos describen arcos y algunos óvalos; ambas capas llevan pelos escamosos dispuestos sin orden aparente; la capa externa lleva en ciertos trechos cúmulos de seda y cera, lo que le da una característica especial a la trama.

*Macromphalia ancilla* (Philippi) (Fig. 19)

Presenta dos capas de hilos rectos de sección transversal circular (0.015 mm  $\emptyset$ ); la capa externa es un poco más densa que la interna, los hilos describen arcos, tendiendo a ser muy abiertos y entrecruzados; la capa externa lleva gran cantidad de cera.

*Bombyx mori* (L.) (Fig. 13)

Con una capa de hilos rectos, de sección transversal circular (0.03 mm  $\emptyset$ ), los cuales describen arcos amplios y entrecruzados, es característico que por largos trechos dos hilos permanezcan unidos (longitudinalmente), dando la impresión de un hilo de mayor grosor; la trama es densa.

*Polythysana cinerascens* (Philippi)

(Figs. 17 y 22)

Con dos capas de hilos rectos de sección transversal circular (0.03 mm  $\emptyset$ ); la capa externa es el doble más densa que la interna; los hilos describen arcos amplios, entrecruzados, la mayoría de los hilos permanecen unidos longitudinalmente de a dos o tres, de manera que dejan un enrejado de espacios ovalados, poligonales y subtriangulares en la capa interna y de sólo óvalos en la capa externa.

*Margaronia quadristigmatis* Guenée (Fig. 16)

Con una capa de hilos rectos, de sección transversal circular (0.004 mm  $\emptyset$ ), los cuales describen círculos y óvalos entremezclados apoyados en hilos tendidos longitudinales en forma ordenada y predominante; con escasas escamas y cera presente; la trama es algo suelta y poco densa.

*Anagasta huenhiella* (Zeller) (Fig. 15)

Con una capa de hilos rectos, de sección transversal circular (0.004 mm  $\emptyset$ ), los cuales describen círculos y óvalos entremezclados; con escamas y cera presente; trama poco suelta y densa.

*Tanatopsyche canescens* Butler (Fig. 14)

Con dos capas de hilos rectos de sección transversal ovoidal alargada (0.015 mm  $\emptyset$ ); y acintado; la capa externa con disposición entremezclada de hilos y muy densa; además lleva abundante cera castaña; la capa interna es menos densa (más transparente), los hilos describen arcos, círculos y óvalos entremezclados con menor cantidad de cera.

*Ctenucha vittigera* (Blanchard)

Con una capa de hilos rectos de sección transversal circular (0.008 mm  $\emptyset$ ) entremezclados con tendencia a estar ordenados longitudinalmente, sin describir arcos (sólo figuras poliédricas); con abundantes escamas piliformes sobre la trama dispuestas más o menos ordenadas en un sentido; lleva algunas gotas céreas.

**Espineretes larvales.** En cuanto a la forma general de los espineretes, de las especies analizadas, se pueden agrupar en tres tipos fundamentales y generales, ellos son:

- i) Largos y delgados:
  - Rachiplusia nu* (Guenée) (Fig. 27)
  - Phytometra bonaerensis* (Berg) (Fig. 26)
  - Syngrapha gammoides* (Blanchard) (Fig. 28)
  - Ctenucha vittigera* (Blanchard)
  - Maenas rudis* (Butler) (Fig. 32)
  - Macromphalia ancilla* (Philippi) (Fig. 31)
- ii) Cortos y anchos:
  - Polythysana cinerascens* (Philippi) (Fig. 30)
  - Bombyx mori* (L.) (Fig. 33)
- iii) Relativamente cortos, con refuerzo basal ancho:

*Notolophus antiqua* (L.) (Fig. 29)

*Tanatopsyche canescens* Butler (Fig. 34)

*Margaronia quadristigmalis* Guenée (= Pyralidae) (Figs. 36 y 37; Correte & Neunzig, 1979)

*Anagasta kuenhiella* (Zeller) (= Pyralidae) (Figs. 36 y 37; Correte & Neunzig, 1979)

Para tener una buena impresión general y comparativa de los caracteres, que parecen ser

los resaltantes y diferentes para las especies en lo que se refiere a: la trama del capullo, número de capas constitutivas, posesión o no de sustancia sedosa, diámetro, circular, acintados, etc., se hace indispensable tabularlos de manera explícita.

En la Tabla I se detalla la tabulación de los diferentes caracteres analizados y descritos, para cada especie, indicando la presencia (+) del carácter tabulado o la ausencia (-) de él.

Tabla I

CARACTERES DE LA TRAMA DEL CAPULLO Y TIPO DE ESPINERETE  
(SEGUN AGRUPACION EXPLICADA EN TEXTO)

Especie	Capas N°	Escamas pilif.	Con rest. foliar mm	Diámetro Sinuoso del hilo	Hilo doble triple	Sección circular hilo	Espinerete del grupo	Con cera
<i>M. quadristigmalis</i> Guenée	1	-	-	0.004	-	+	iii	-
<i>A. kuenhiella</i> (Zeller)	1	+	-	0.004	-	+	iii	+
<i>T. canescens</i> Butler	2	-	-	0.015	-	-	iii	+
<i>C. vittigera</i> (Blanchard)	1	+	-	0.008	-	+	i	+
<i>M. rudis</i> (Butler)	1	+	-	0.008	-	+	i	+
<i>R. nu</i> (Guenée)	2	-	-	0.03	-	+	i	-
<i>S. gammoides</i> (Blanchard)	2	-	+	0.015	+	+	i	-
<i>Ph. bonaerensis</i> (Berg)	2	-	+	0.008	-	+	i	-
<i>N. antiqua</i> (L.)	2	+	-	0.004	-	+	iii	+
<i>M. ancilla</i> (Philippi)	2	-	-	0.015	-	+	i	+
<i>B. mori</i> (L.)	1	-	-	0.03	-	+	ii	-
<i>P. cinerascens</i> (Philippi)	2	-	-	0.03	-	+	ii	-

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### A. DESARROLLO ONTOGENÉTICO DE LA CLINOTAXIA LARVAL

Se utilizó ejemplares larvales de *P. brassicae* L., debido a que posee una marcada clinotaxia y al mismo tiempo emite constantemente seda, la cual deja en su sendero.

**Clinotaxia larval.** Se define este término fototáctico, en relación a la exposición alternativa de los fotorreceptores de ambos lados de la cabeza (ocelos laterales) de la larva. Este resultado se consigue con la inclinación alternativa de la cabeza, describiendo un arco determinado.

En la larva de piéridos, junto con producirse la clinotaxia, el animal avanza dejando sobre el sustrato el hilo sedoso que sale por el

ápice de su espinerete; al observar el sendero sedoso dejado en el movimiento clinotáctico, es posible detectar el número, tipo de arco y avance de la larva.

Al obtener el sendero trazado por los diferentes estados larvales de una especie, es posible analizar, indirectamente, el desarrollo ontogenético de la clinotaxia larval.

Para que esta comparación sea válida, se hace necesario llevar un mismo tamaño final, el arco descrito (o el ancho del sendero), independiente de la magnitud real: se igualan los anchos promedios de los senderos previamente magnificados o no de los distintos estados (Figs. 38-43).

La clinotaxia larval está desarrollada desde los primeros estados larvales, en los cuales (I y II) se repite con una velocidad muy alta. Es posible que sea necesario impresionar los ocelos

los laterales, de manera casi constante, para obtener una buena orientación hacia la luz.

En los estados intermedios la velocidad clinotáctica decrece (III y IV), siendo probable que exista una mayor inercia retiniana pigmentaria, para la captación de la luz.

En los estados finales (V y VI) la velocidad clinotáctica es mucho menor, demostrando poco a poco el cambio hacia la fototaxia negativa en el último estado (VI), próximo a la pupación.

Es necesario acotar que las velocidades de progresión, son más o menos semejantes, así en el estado IV es de 0,37 cm/seg, en el V es de 0,47 cm/seg, y en el VI es de 0,50 cm/seg; de tal manera que si se divide la velocidad por la longitud corporal del estado correspondiente resulta:

$$IV = 0,18 \text{ seg.}$$

$$V = 0,16 \text{ seg.}$$

$$VI = 0,12 \text{ seg.}$$

Así el estado IV demora 0,18 segundos en recorrer la longitud de camino igual al largo de su cuerpo, el V 0,16 seg. y el VI 0,12 seg.

El desarrollo de la recepción de la luz es progresiva a medida que avanzan los estados, demostrando una relación de dependencia inversa al desarrollo de la clinotaxia.

$$\text{Recepción luminosa} = \frac{1}{\text{Clinotaxia}}$$

**Análisis de senderos interespecíficos.** En este punto sólo se comparará el estadio larval V de *Pieris brassicae* L. (Fig. 4) con el similar de *Tatochila blanchardii blanchardii* (Butler) (Fig. 5).

Al comparar ambos estadios, parece que el desarrollo ontogenético de la clinotaxia no es similar en las especies y especialmente entre las especies aquí analizadas. En *Tatochila blanchardii blanchardii* (Butler), el hiperdesarrollo de la clinotaxia es persistente hasta los últimos estadios, o cercanos a éstos, en otros términos, la inercia retiniana ocelar es más lenta.

## B. MORFOFUNCIONALIDAD DE LA CUBIERTA CORPORAL EN LARVAS

Los animales mantienen constantemente una estrecha relación con su medio biótico, este último interactúa de diferentes formas sobre el ser vivo, una de ellas corresponde a la energía radiante en forma de luz, la cual evidente-

mente es más intensa en el día; esta acción es drástica para aquellos seres vivos terrestres, la "solución" adoptada por ellos no es otra que la adquisición de una cubierta corporal con sus anexos.

En los animales articulados dicha cubierta corporal protege en forma más o menos efectiva de la irradiación que está constantemente recibiendo, es así que se hace necesario una serie de "estrategias morfológicas" por parte del ser vivo para obtener una total protección.

Dos son las alternativas principales de estrategia: una de ellas corresponde a la vida hipógea o a la vida en lugares umbrosos (Angulo, 1978) y la otra al aumento de protección corporal externa (*protección adicional*).

### Protección adicional

En las larvas de los lepidópteros esta protección se consigue por medio del aumento de pigmentos en la cubierta corporal, como es el caso de *Pieris brassicae* (L.), *Tatochila blanchardii blanchardii* (Butler), *Zale lunata* Drury y otras. Otra forma corresponde a la mayor o menor densidad de setas piliformes simples o compuestas —a veces adicionales de pigmentos convenientes— (Figs. 44, 47 y 48).

La acción física de estas setas piliformes se ilustra en la figura 50, así, el rayo incidente ( $L_1$ ) en parte se refleja ( $L_2$ ), en otras se refracta ( $L_3$ ) y finalmente una ínfima parte llega al cuerpo ( $L_4$ ). Si esta seta es compuesta se aumenta este poder (Fig. 52) de disposición de la luz incidente. Es evidente que la mayor densidad de éstas, hace mucho más efectiva esta acción disipante.

También es interesante tener en cuenta la composición de dichas setas, ya que a veces incluyen elementos adicionales como cristales de ácido úrico, y otros, los que hacen aumentar su índice de refracción.

Los gusanos cortadores y otras larvas presentan piel granulosa (Whelan, 1935) la que impide que la luz incida con toda su potencia en los órganos internos, obteniéndose un efecto similar al obtenido con los vidrios de cara o superficie granulosa, estos tipos de estrategias usadas por las larvas les permite alimentarse a plena luz del día, como sucede con *Catocephala marginata* (Phil.), *Ormiscodes cinnamomea* (Phil.) y *Polythysana cinerascens* (Phil.) (Saturniidae); *Ctenucha vittigera* (Blanch.) y *Maenas rudis* (Butler) (Arctiidae), etc.

### Vida hipogea

Este tipo de estrategia es interesante porque presenta un cambio de ambiente, prácticamente diferente al original epigeo, las larvas son de vida activa diurna y también nocturna (Angulo y Weigert, 1975); entre estas últimas la actividad alimentaria se desarrolla de noche en las partes aéreas de las plantas o bien, como en los "gusanos cortadores" (Noctuidae), en la porción del tallo que está cerca de la tierra, cortando de esta manera las plantas; durante el día estas larvas permanecen quietas dentro del sustrato y generalmente a no mucha profundidad.

Las larvas de vida activa diurna y nocturnas, se alimentan de las raíces de las plantas, luego deben progresar dentro del sustrato constantemente, v. gr. *Agrotis ipsilon* (Hübner), *Agrotis malefida* (Guenée), *Agrotis lutescens* (Blanchard), etc. Si bien la vida hipogea activa total o parcial representa una ventaja adaptativa en la vida larval de los nóctuidos, a la vez les plantea otro problema: la necesidad de progresar en forma más efectiva dentro del sustrato. El interior del suelo opone un factor que impide el avance: el roce: éste se manifiesta en toda la cubierta corporal; la solución a este problema está dada por la presencia de gránulos (Figs. 45, 46, 48 y 49), en la cubierta corporal de forma convexa o muy aproximada a ésta, de tal manera que el roce se produce sólo contra ciertas partes del cuerpo; por otra parte, la cubierta corporal adquiere un aspecto corrugado conspicuo (Fig. 53). Los gránulos que se encuentran en las corrugaciones menores hacen a la larva progresar en ambos sentidos, pero la necesaria progresión hacia adelante se obtiene por las corrugaciones que son más evidentes en la región de los dos tercios anteriores (v. gr. *Agrotis ipsilon* (Hübner)).

Cuando la ornamentación epidérmica consiste de espinas retrorsas (Fig. 51), éstas permiten el avance e impiden el retroceso (v. gr. *Agrotis malefida* (Guenée)).

La ayuda que se presta a la progresión dentro del sustrato, —a— parte de los gránulos, la aporta la presión de los líquidos corporales internos, mediante la acción de músculos (hidroesqueleto o endoesqueleto hidráulico) como sucede con la mayoría de los gusanos cortadores hipogeos (v. gr. *Agrotis ipsilon* (Hübner)).

gel)), en los cuales la presión corporal es significativamente mayor que la de las larvas epigeas: *Peridroma saucia* (Hübner), *Faronta albilinea* (Hübner), *Syngrapha gammoides* (Blanchard), etc.

### C. TRAMA DEL CAPULLO Y ESPINERETE LARVAL

Al comparar los caracteres en la tabulación, resultan algunas observaciones que indican lo siguiente:

1. Una capa constituyente: En los Pyraloidea, Bombycidae, Amatidae y Arctiidae.
2. El capullo lleva externamente pelos escamosos en *Anagasta kuenhiella*; Amatidae, Arctiidae y Lymantriidae.
3. El hilo sedoso se hace doble o triple: en Bombycoidea.
4. El capullo lleva externamente en la trama restos foliares: en *Syngrapha gammoides* (Bl.) y *Phytometra bonaerensis* (Berg).
5. La adición de material seroso se presenta en: *Anagasta kuenhiella* (Zeller); *Tanatopsyche canescens* (Phil.); *Ctenucha vittigera* (Bl.); *Maenas rudis* (Butler); *Notolophus antiqua* (L.) y *Macromphalia ancilla* (Phil.).
6. Las peculiaridades se presentan de dos maneras: una en que el hilo presenta una sección transversal alargada (acintada) en *Tanatopsyche canescens* (Phil.), y la otra en que el hilo es sinuoso en *Syngrapha gammoides* (Bl.).

De estos caracteres, parece evidente que la adición del tipo de material extra al capullo, depende de la presencia de cera como material adherente (excepción hecha para las escamas piliformes ramificadas); por otra parte, la adhesión de hojas va aparejado con la ausencia de cera (ya que generalmente el hilo sedoso se pega al sustrato foliar, en este caso).

El carácter de doble o triple hilo sedoso (Bombycoidea) reafirma la afinidad de Bombycidae y Saturniidae; la posesión de una capa en el capullo (Pyraloidea) hace lo mismo del grupo, como también ocurre con Arctiidae y Amatidae.

### D. MANDÍBULAS-CERDAS EPIFARINGEALES: DUPLA MORFOFUNCIONAL ALIMENTARIA

**Alimentación y mandíbulas.** La forma de la mandíbula es típicamente característica del ti-



po de alimento vegetal, que dicho animal ingiere; si este alimento es duro (v. gr. grano u hoja fibrosa), las mandíbulas representan estructuras dentiformes romas (Godfrey, 1972), como ocurre en *Copitarsia consueta* (Walker) y *Zale lunata* (Drury). En cambio en aquellas larvas que se alimentan de material blando, como hojas tiernas, los dientes mandibulares son agudos o notables.

En este último caso, en algunas especies los primeros estados larvales comen hojas desde el centro hacia la periferia o bordes, eludiendo los nervios, ésto es facilitado por la agudeza de los dientes que posee (Angulo y Weigert, 1975); en cambio en estados posteriores los dientes son menos agudos, de este modo comen la hoja desde el borde hacia el centro, sin eludir los nervios.

**Mandíbulas y cerdas epifaringeales: mecanismo de acción.** En la cara ventral del labrum existe en cada lóbulo cerdas cortas y gruesas en número de 2 ó 3 (4 ó 6 en total).

En los Rhopalocera son 2 pares y en los Heterocera son 3 pares; estas cerdas epifaringeales sirven, evidentemente, para eliminar cualquier residuo interdental (Angulo y Weigert, 1981), que se desplaza desde afuera hacia adentro, oponiendo su dorso a la cara ventral (epifaringeal del labrum, en donde van las cerdas).

El material comido por los ropalóceros es generalmente blando, de aquí que el número de cerdas epifaringeales sea bajo (*Cynthia carye* y *Pieris brassicae*) (Figs. 60 y 54). En cambio en los heteróceros, que generalmente comen granos y hojas con fibras gruesas, el número de cerdas epifaringeales es mayor, siendo de este modo, más eficiente en el limpiado de partículas de alimento, interdental, duro.

El grosor de las cerdas epifaringeales es otro factor importante, ya que parece que cuando el alimento es duro, las cerdas son más gruesas (*Copitarsia consueta* (Walker), *Agrotis lutescens* (Bl.) y *Chilecomadia moorei* (Silva) (Figs. 56, 64 y 70).

Debe hacerse notar de que en el geométrico *Catophoenissa dibapha* (Felder, Felder & Roggenhofer) no existen cerdas epifaringeales (Angulo y Weigert, 1981).

#### E. PROYECCIONES MORFOFUNCIONALES DE VALOR ADAPTATIVO EN LARVAS DE LEPIDÓPTEROS

**Clinotaxia larval.** El desarrollo de la clinotaxia, en la ontogenia, parece estar dirigido hacia la formación del capullo o en el caso de piéridos, a construir la trama ventral y el cíngulo de la pupa. Así, la descripción de arcos amplios y de ondas clinotácticas abiertas, se presta efectivamente a la futura construcción de la trama protectora de la pupa.

Por otra parte, la clinotaxia aún bien desarrollada en otras especies, en sus estados finales, sirve para construir la trama más densa de la capa externa, que requiere de mayores movimientos y más vigorosos (alta clinotaxia), para posteriormente decrecer, casi bruscamente, para construir la capa interna más suelta y poco densa.

**Cubierta corporal.** La cubierta corporal y su desarrollo protector de la larva, capacita a ésta para su vida epigea, así se observa en este tipo de larvas, la presencia de scoli, verrucae, pelos muy largos y melanizados, etc., en cambio una cubierta con estructuras poco notables, que ofrezcan resistencia, capacita a la larva para una vida hipogea, progresando a través del sustrato; éstas presentan espinas retrorsas, gránulos cónicos o rugosidades granulares, todo esto ayudado por una mayor presión del hemocele, que actúan a modo de hidroesqueleto.

**Capullos y trama de tejido.** Es de importancia el hecho de obtener una buena protección para el estado quiescente pupal. Esta protección debe, prácticamente, aislarlo del medio generalmente drástico, en el cual invernán (Psychidae, Arctiidae y Pyralidae), o bien permitir, al menos, el paso graduado de la humedad (Saturniidae, Bombycidae y Noctuidae en parte).

Es por esto que una trama con cera, escamas piliformes, restos foliares y otros —además de un capullo con dos capas— es una combinación, tal vez ideal de caracteres, y un medio de protección altamente efectivo y aislante. Este tipo ideal ha sido alcanzado en diferentes proporciones, pero no en su totalidad, por algunas familias (v. gr. Lymantriidae) o en una menor proporción de dichos caracteres (v. gr. Amatidae y Arctiidae).

La resistencia de la trama es otro carácter interesante para la pupa; esta resistencia se consigue de dos formas, con hilos sedosos de gran diámetro (*Rachiplusia nu* (Guenée), 0,03 mm Ø) o además, por la unión parcial o total en longitud de dos o tres hilos de diámetro grueso (*Bombyx mori* (L.) y *Polythysana cinerascens* (Phil.), ambos de 0.03 mm de Ø).

**Mandíbulas y cerdas epifaringeales.** La coordinación morfológica de poseer a la vez mandíbulas fuertes con dientes romos y cerdas epifaringeales cortas y gruesas, capacita a la larva para utilizar el alimento duro de granos o xilofítico, de esta forma no entra en franca competencia con sus grupos hermanos afines, por el alimento; esto parece ocurrir para Noctuidae (Hadeninae) y Cossidae.

En cambio, la combinación contraria a la arriba estipulada, más la reducción del número de cerdas epifaringeales, capacita a la larva para utilizar el alimento blando solamente, teniendo una capacidad competitiva muy baja, y basada solamente en el tipo de planta que consume.

**Plagas.** Unido a todas estas proyecciones morfofuncionales adaptativas, más otras no nombradas o desconocidas, se encuentra la alta proliferación reproductiva exitosa (por abundancia del alimento).

Con toda la combinación más arriba sugerida se estructuran poblaciones adaptativamente superiores e hipertrofiadas, que la mayor parte de las veces, se convierten en plagas, de

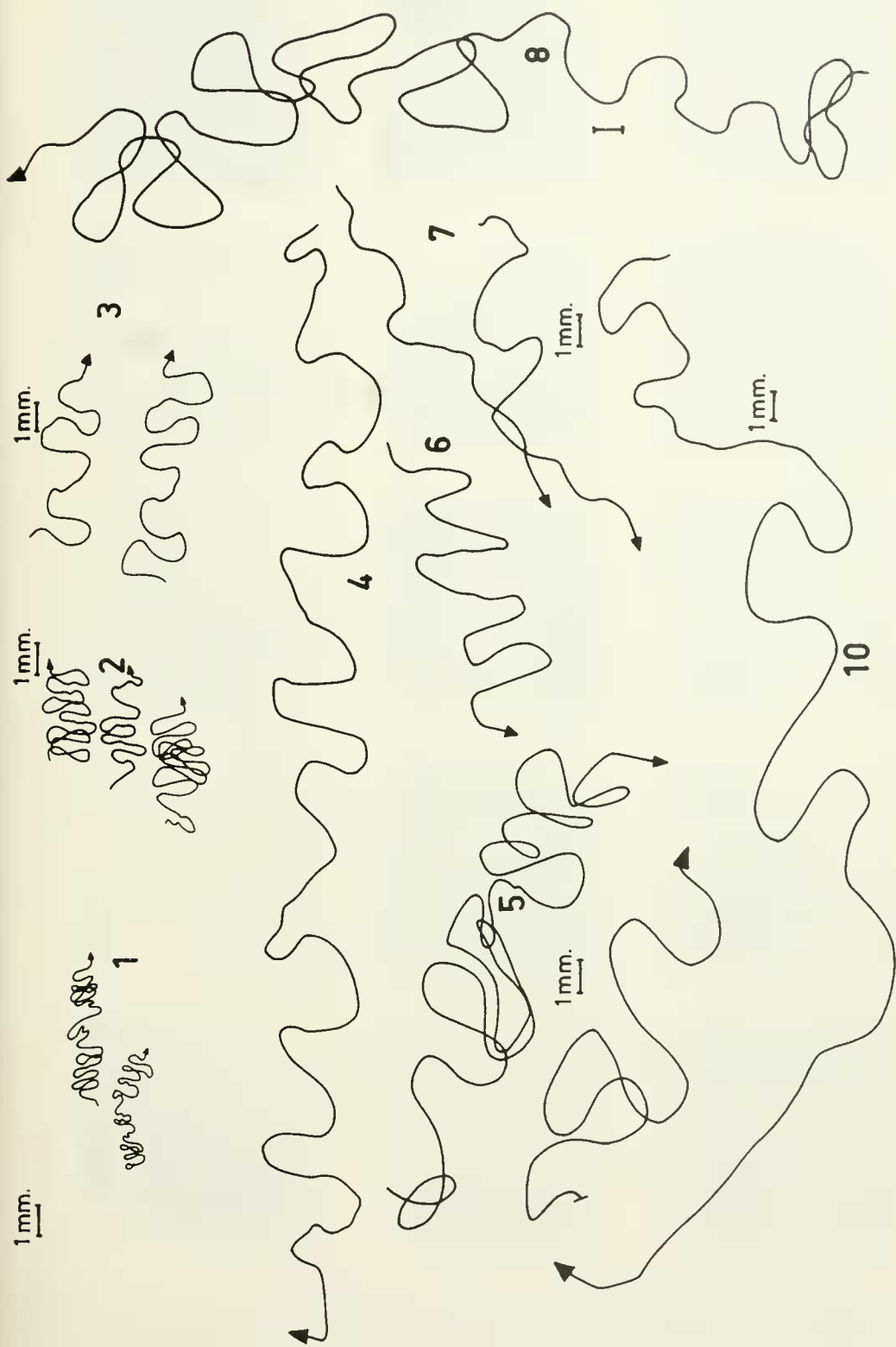
acciones incidentes severas en el plano económico humano.

## AGRADECIMIENTOS

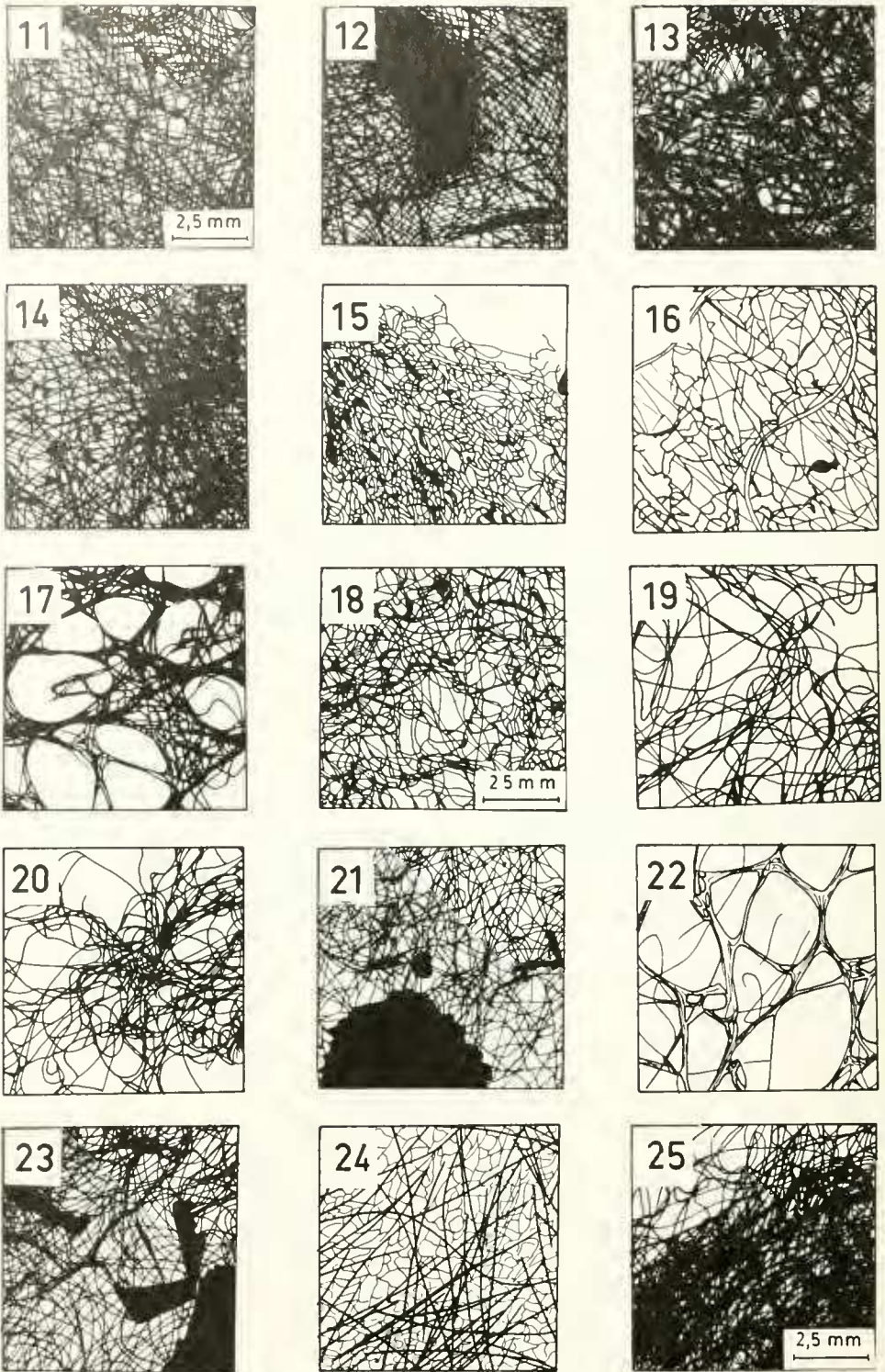
La presente investigación fue posible gracias al apoyo prestado por el proyecto 20.38.03 de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción, lo cual agradecemos debidamente.

## BIBLIOGRAFIA

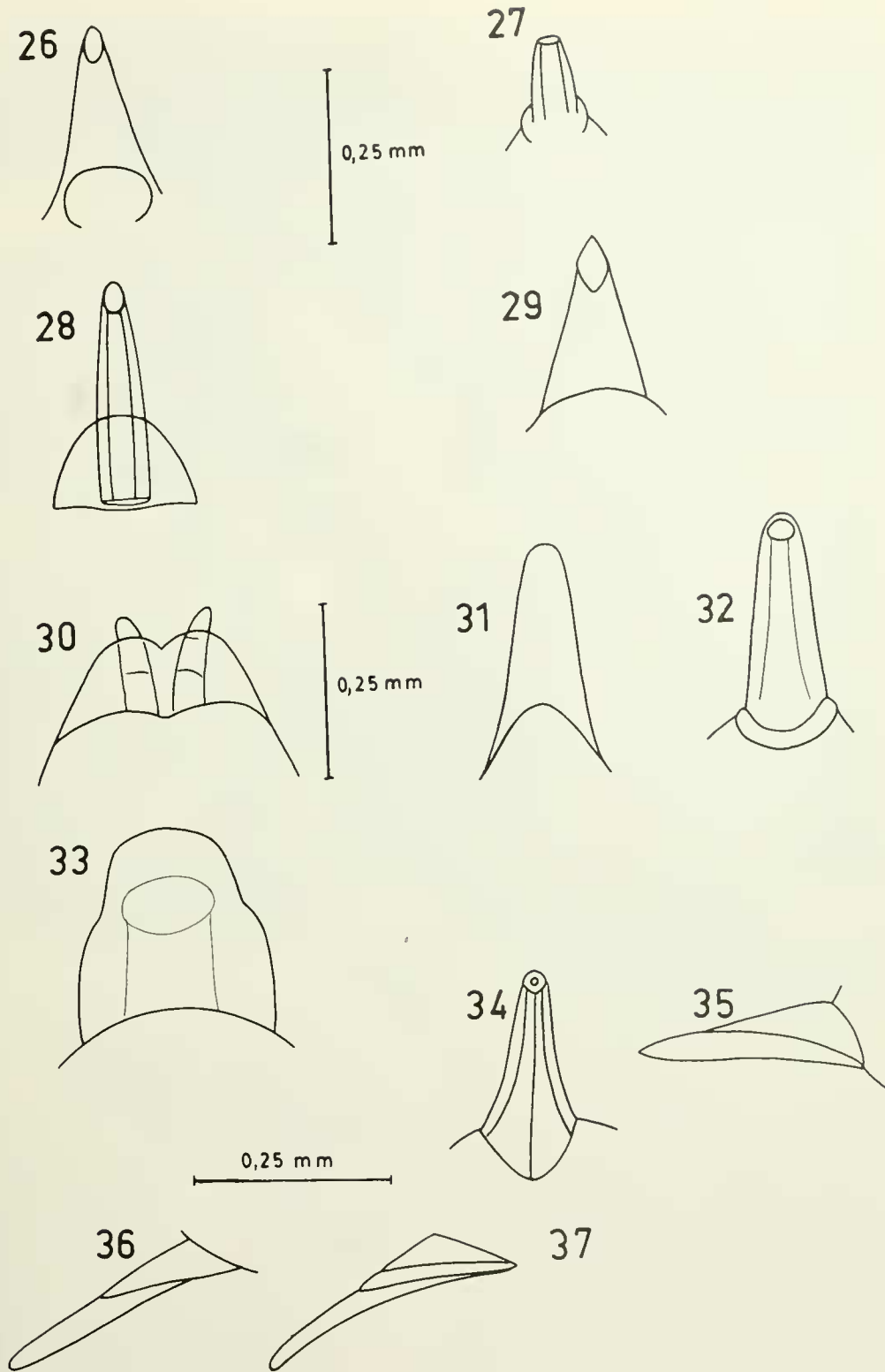
- ANGULO, A.O. y G. TH. WEIGERL. 1975. Estados inmaduros de lepidópteros noctuidos de importancia económica en Chile y claves para su determinación (Lepidoptera: Noctuidae). Soc. Biol. Concepción. Public. Especial N° 2, 153 pp.
- ANGULO, A.O. 1978. Las fases geobióticas en los lepidópteros noctuidos (Lepidoptera: Noctuidae). Medio Ambiente, 3 (2): 14-19.
- ANGULO, A.O. y TH. WEIGERL. 1981. Biología y postembriología de tres lepidópteros en Chile. Brenesia, Costa Rica, 19/20: 431-449.
- CORRETTIE, K.B. and H.H. NEUNZIG. 1979. Descriptions of and notes on larval habits of four immature Phycitines in the Southeastern United States (Lepidoptera: Pyralidae). Ann. Entomol. Soc. Amer. 72 (5): 690-699.
- GODFREY, G.L. 1972. A review and reclassification of larvae of the subfamily Hadeninae (Lepidoptera: Noctuidae) of America North of Mexico. Tech. Bull. USDA. 1450: 265 pp.



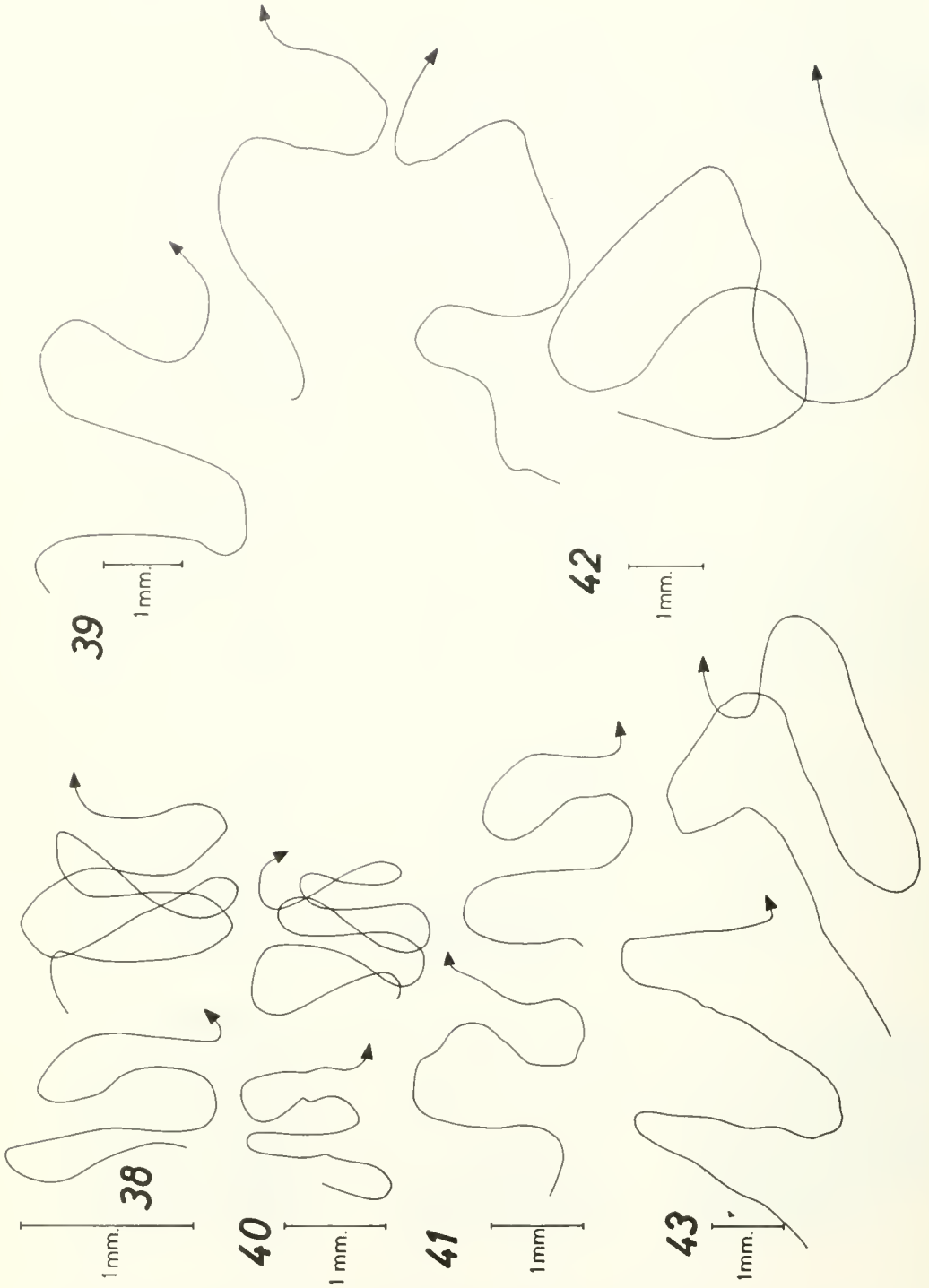
Figs. 1-10. Senderos sedosos larvales. 1. *Pierris brassicae* L.; I estado larval; 2. Idem, II estado larval; 3. Idem, III estado larval; 4. V estado larval; 5. *Tatochila blanchardii* (Butler), V estado larval; 6, 7 y 8. *Pierris brassicae* L., IV estado larval; 9 y 10. Idem, VI estado larval.



FIGS. 11-25. Tramas de la(s) capa(s) interna(s) y/o externa(s) del capullo tejido por el último estado larval. 11. *Rachiplusia nu* (Guenée); interna; 12. *Notolophus antiqua* (L.); externa; 13. *Bombyx mori* L.; 14. *Tanatopsyche canescens* (Butler); interna; 15. *Anagasta kuehniella* (Zeller); 16. *Margaroma quadrastigmatis* Guenée; 17. *Polythysana cinerascens* (Phil.); externa; 18. *Syngrapha gammoides* (Blanchard); externa; 19. *Macromphalia ancilla* (Phil.); interna; 20. *Phytometra bonaerensis* (Berg); 21. *Rachiplusia nu* (Guenée); externa; 22. *Polythysana cinerascens* (Phil.); interna; 23. *Phytometra bonaerensis* (Berg); 24. *Notolophus antiqua* (L.); interna; 25. *Macromphalia ancilla* (Phil.); externa.



FIGS. 26-37. Espineteres larvales. 26. *Phytometra bonaerensis* (Berg); 27. *Rachiplusia nu* (Guenée); 28. *Syngrapha gammoides* (Blanchard); 29. *Notolophus antiqua* (L.); 30. *Polythysana cmerascens* (Phil.); 31. *Macromphalia ancilla* (Phil.); 32. *Maenas rudis* (Butler); 33. *Bombyx mori* L.; 34. *Tanatopsyche canescens* (Butler): vista ventral; 35. *Tanatopsyche canescens* (Butler): vista lateral; 36 y 37. Pyralididae (= Pyralidae).



FIGS. 38-43. Senderos sedosos larvales. 38. *Pteris brassicae* L.: I estado larval; 39. Idem, II estado larval; 40. Idem, III estado larval; 41. Idem, IV estado larval; 42. Idem, V estado larval; 43. Idem, VI estado larval.

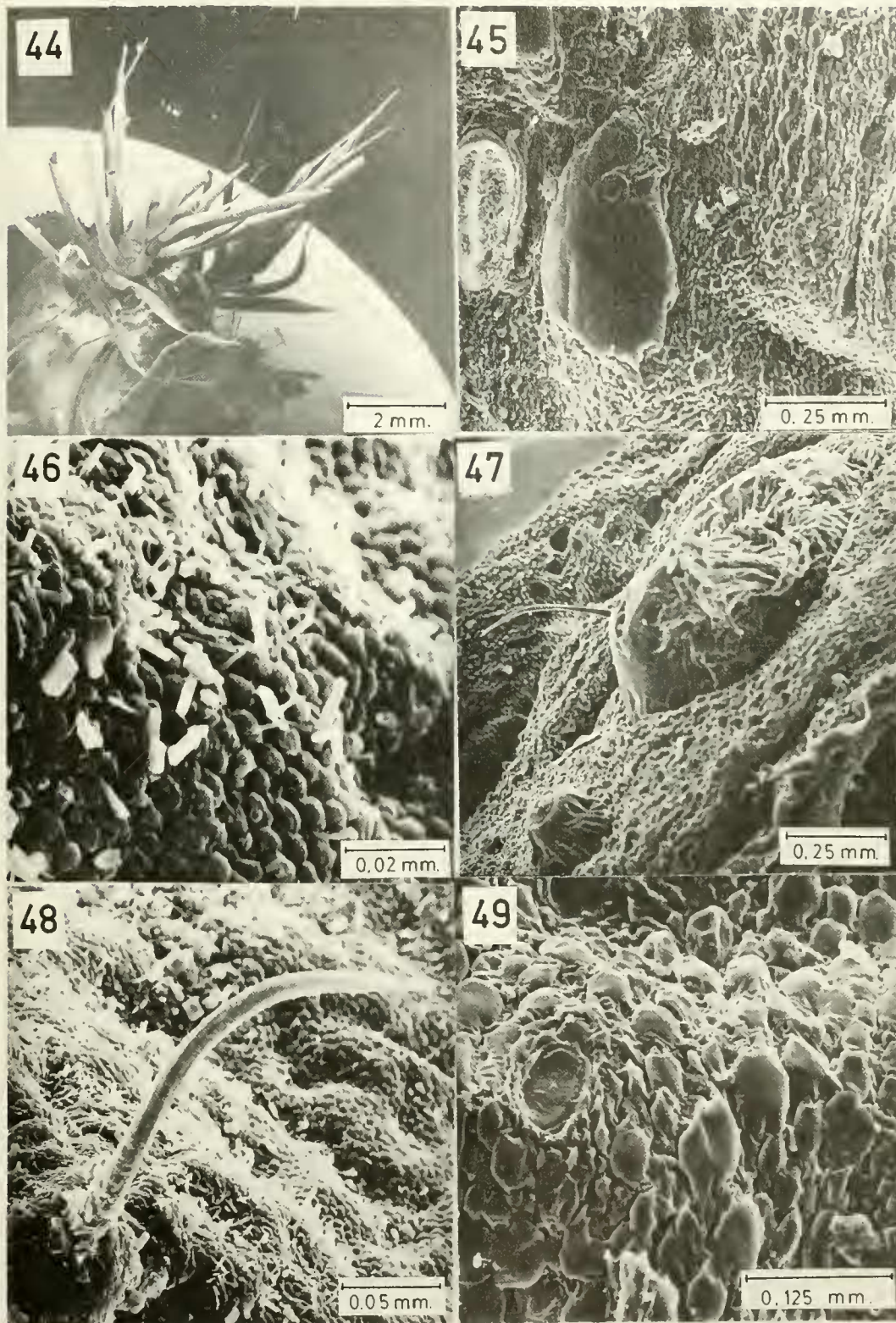


FIG. 44. Scolus de la larva. *Polythysana cinerascens* (Phil.); FIGS. 45 a 49. Cubierta larval de *Feltia malefida* (Guenée).

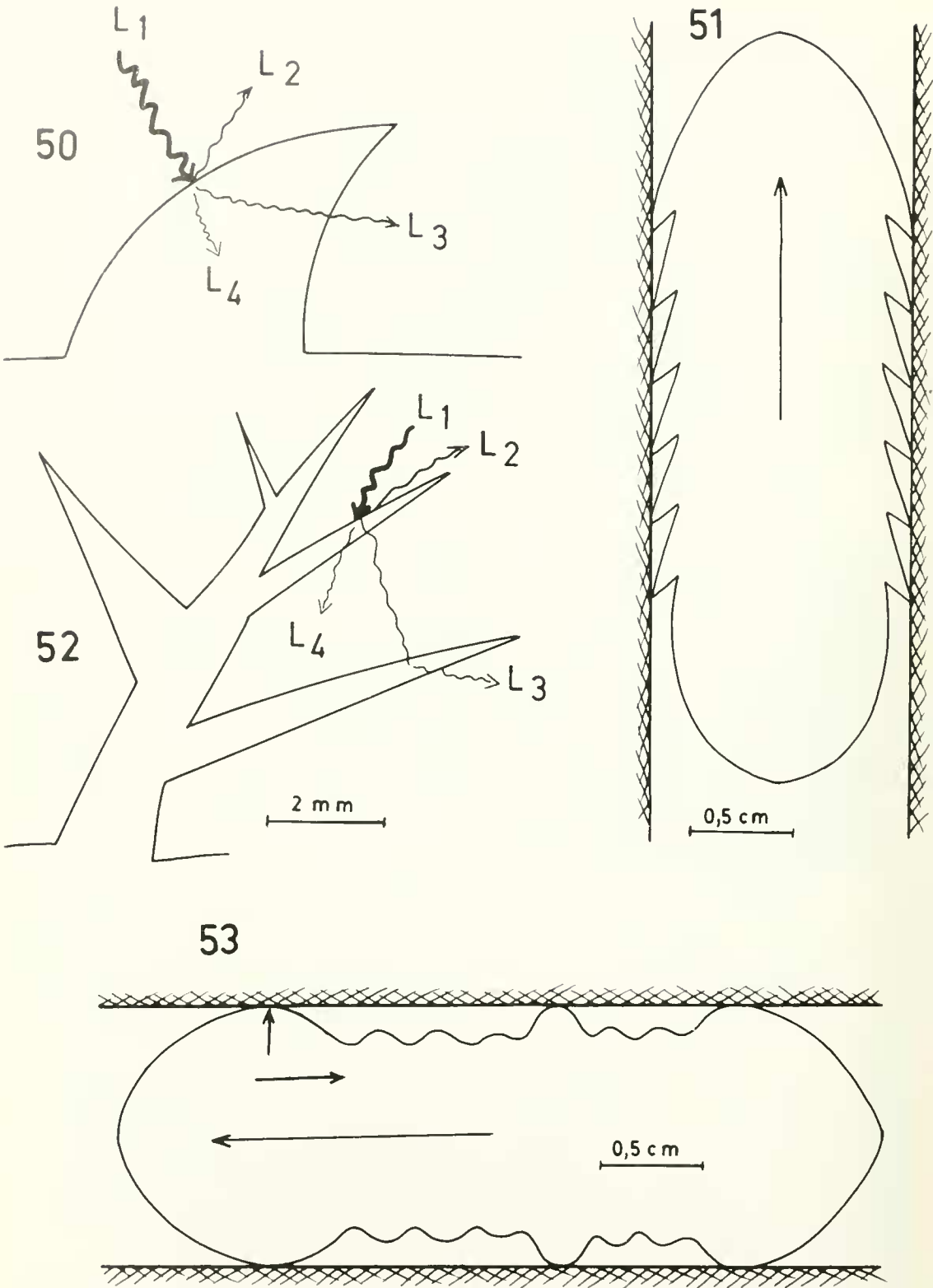
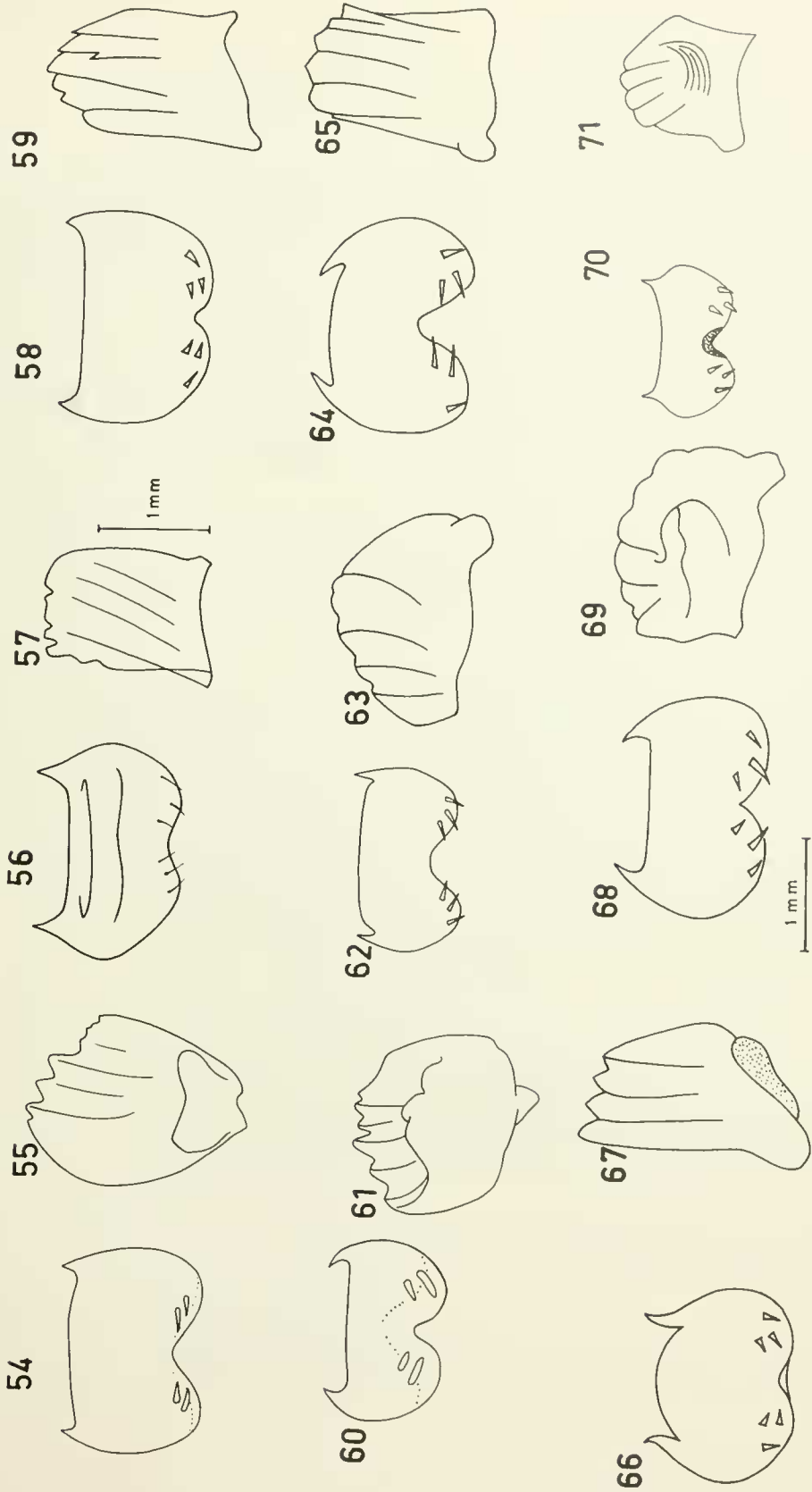


FIG. 50. Esquema de la descomposición de la luz incidentes en rayos retractados, reflejados y transmitidos, en una espina simple; 51. Progresión de un cuerpo blando dentro del sustrato, por medio de espinas retrorsas e hidroesqueleto; 52. Idem 50 pero en una espina compleja o scolus; 53. Idem 51, pero la progresión se realiza por medio de corrugaciones.





FIGS. 54-71. Labrum y mandibula derecha larvales. 54 y 55. *Pieris brassicae* L.; 56 y 57. *Copitarsia consueta* (Walker); 58 y 59. *Syngrapha gammodies* (Bl.); 60 y 61. *Cynthia carye* (Hübner); 62 y 63. *Polythysana cinerascens* (Phil.); 64 y 65. *Agrotis lutescens* (Bl.); 66 y 67. *Chilecomadia moorei* (Silva); 68 y 69. *Zale lunata* (Drury); 70 y 71. *Bombyx mori* L.

